

Julio 2022
Diciembre

e-ISSN 2389-9484







Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías.

Volumen 9 | Número 2



Revista Ciencia e Ingeniería, vol. 9, n.º 2, e7461089, 2022.
http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei

Ciencia e Ingeniería
Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías
ISSN 2389-9484
Año 2022, julio-diciembre, Vol. 9, N.º 2, e7461089
Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas y *Facultad Ingeniería*. Universidad de La Guajira
La Guajira, Riohacha, Colombia
http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei
Este documento fue depositado en Zenodo. DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7461089

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA BIOINDICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, EN UN TRAMO DEL RIO TORIBIO, CIÉNAGA MAGDALENA, COLOMBIA

Water quality evaluation through bioindication of aquatic macroinvertebrates, in a section of the Toribio river, cienega Magdalena, Colombia

Richard Antonio Chavez Cruz
https://orcid.org/0000-0003-2229-7725
richardchavezcruz@gmail.com
Magister en Gestión y Auditorías Ambientales. Universidad Internacional Iberoamericana. Colombia.

RESUMEN

El propósito principal fue evaluar la calidad del agua mediante de la identificación de macroinvertebrados acuáticos en un tramo del río Toribio. La recolecta de macroinvetebrados se realizó con una red Surber en los 6 puntos escogidos del rio Toribio. Se colectaron un total de 1126 individuos; 642 en periodo seco y 484 en periodo de lluvia; se observaron un total de 36 morfo-familias (24 en época seca y 26 en época de lluvia). La clase insecta fue la de mayor abundancia con 32 morfos; el orden odonata fue el de mayor representatividad con 7 morfos. En cuanto a las familias solo cuatro (4) registraron más de una morfo: Coenagrionidae (5), Chironomidae (3), Leptophlebiidae (2) y Tricorithydae (2). Según los resultados de los índices BMWP y EPT, la calidad del agua en el tramo monitoreado del rio Toribio varía entre puntos y época de muestreo, estableciendo que la condición general de este tramo es “critica a dudosa”. Con base en la composición y estructura de macroinvertebrados acuáticos observados, podemos decir que el tramo estudiado del rio Toribio, presenta algún grado de perturbación.l

Palabras clave: macroinvertebrados; calidad del agua; bioindicador; índices.

ABSTRACT

The main purpose was to assess water quality by identification of aquatic macroinvertebrates in a stretch of the Toribio River. The macroinvertebrates collection was carried out with a Surber network at the points chosen from the Toribio River. A total of 1126 individuals were collected; 642 in the dry period and 484 in the rainy period; a total of 36 morpho-families were observed (24 in the dry season and 26 in the rainy season). The insecta class was the most abundant 32 morphs; the odonata order was the most representative with 7 morphs. Regarding the families, only four (4) registered more than one morph: Coenagrionidae (5), Chironomidae (3), Leptophlebiidae (2) and Tricorithydae (2). According to the results of the BMWP and EPT indices, the quality of the water in the monitored section of the Toribio river varies between points and sampling times, establishing that the general condition of this section is "critical to doubtful". Based on the composition and structure of aquatic macroinvertebrates observed, we can say that the studied section of the Toribio River presents some degree of disturbance.

Keywords: macroinvertebrates; water quality; bioindicator; indices.

Recibido: 31 de agosto de 2022
Aceptado: 3 de octubre de 2022



Introducción

Los ecosistemas acuáticos representan un componente fundamental del patrimonio cultural y natural de la humanidad; estos ecosistemas han sido utilizados por la humanidad desde la antigüedad como fuente de recursos y como un medio para la eliminación de residuos, lo que ha ocasionado un rápido deterioro de estos ecosistemas (Alonso y Camargo, 2005; Ladrera, *et al.* 2013). En la actualidad existen numerosas fuentes que ocasionan la degradación de la calidad de agua y de las comunidades biológicas que allí residen, entre ellas se tienen la regulación del caudal, la canalización, la ocupación de las riberas, la agricultura, la industria y la urbanización.

Los ecosistemas acuáticos son considerados uno de los recursos renovables más importantes para la vida. Sin embargo, las actividades humanas, tales como la urbanización, la agricultura, la industria, la creación de embalses, han contribuido al deterioro hidrológico de los ecosistemas acuáticos, generando cambios significativos en sus condiciones ambientales y por ende afectar a las comunidades que allí habitan. La contaminación de los ecosistemas acuáticos genera una pérdida de biodiversidad, lo cual ocasiona una disminución de la resiliencia, así como la disminución de la integridad ecológica del ecosistema (Gualdoni y Oberto, 2012).

Como base a lo anterior, es importante hablar de "calidad del agua", cuyo término posee un alto grado complejidad en su definición, debido a que la calidad varía según la actividad que se esté desarrollando, debido a que el nivel de perturbación de algunas actividades será perjudicial en algunas y beneficiosa en otras, por cual se busca evaluar las cualidades de sus parámetros para dar un uso adecuado de los ecosistemas acuáticos (Pastran, 2017).

La estimación de la calidad del agua se ha determinado tradicionalmente en base a los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos (Roldan, 2016), los cuales brindan una idea puntual sobre el estado del ecosistema. Sin embargo, en los últimos años, muchos estudios han optado por la utilización de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos, debido a que estos organismos brindan información sobre la variación del ecosistema en el tiempo (Yépez et al., 2017).

En Colombia el rio Toribio viene presentando dificultades ecológicas, debido a la perturbación por actividades antrópicas en el uso de suelo, tales como la agricultura (vertimientos causados principalmente por los Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, seguido del café y la palma de aceite) (CORPOMAG, 2015), los cuales son cultivados en la cuenta alta y media del rio. Así mismo la cuenca baja está siendo afectada por vertimientos puntuales y no puntuales originados por actividades como el turismo y cultivos de plátano, entre otras; cada una de estas actividades está provocando pérdida de la biodiversidad y disminución de la calidad ambiental del recurso hídrico. Este inadecuado aprovechamiento de los recursos hídricos de la cuenca ha ocasionado que se vulneren los límites de resiliencia y consecuentemente se genere una disminución del caudal, contaminación del agua y la pérdida de fauna y flora acuática y de aquellos organismos terrestres que poseen algún tipo de relación con el río. Cada una de estas alteraciones trae consigo consecuencias adversas sobre el bienestar de la población rural y citadina.

Los ecosistemas acuáticos tienen una gran capacidad para albergar un gran número de organismos, los cuales se ven afectados por la degradación del medio, generando así desaparición o reducción de manera progresiva de algunas especies que conforman la comunidad biótica de estos ecosistemas. Para poder valorar el deterioro ambiental de un ecosistema fluvial frente a un determinado contaminante, es necesario la elección de una comunidad bioindicadora de calidad de agua (Gamboa, *et al.*, 2008). Dentro las comunidades bioindicadoras, se hallan los macroinvertebrados, quienes se encuentran representados por un sinnúmero de especies que realizan interacciones biológicas importantes (Lozano, 2005). Entre las

ventajas que tienen estos organismos como bioindicadores se pueden mencionar las siguientes (Gamboa, *et al.*, 2008): muchas especies son de naturaleza sedentaria; presentan ciclos de vida relativamente cortos; tiene amplia distribución; son abundantes y fáciles de colectar, son sensibles a factores de perturbación, entre otras.

Las comunidades acuáticas de los ecosistemas loticos presentan una elevada complejidad estructural como resultado de la gran variedad de hábitats presentes. Los ecosistemas de supervivencia para comunidades acuáticas ocasionan gran variedad de condiciones adaptativas que aumenta la biodiversidad de especies. La estimación de parámetros ecológicos de la comunidad, tales como composición, abundancia, riqueza, etilos de reproducción e alimentarios, obedece a diferentes interrelaciones entre la producción y el consumo al interior de estos ecosistemas; y este equilibrio tan delicado se ve amenazado por factores externo, normalmente asociados a las actividades humanas ejercitadas sobre los cursos acuáticos (Briceño, 2015).

Por lo tanto, la valoración basada en macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, podría brindar información del estado de perturbación de los ecosistemas acuáticos. En consecuencia, este trabajo pretende evaluar la calidad del agua en un tramo del rio Toribio a través de la biondicación de macroinvertebrados bentónicos con el fin de clasificar el nivel de contaminación del agua.

Materiales y métodos

Área de estudio

La cuenca del río Toribio está ubicada en la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, aproximadamente entre las coordenadas: 11°01'N y 11°07'N de latitud, y 74°14'W y 74°01'W de longitud (CORPOMAG, 2015). El río nace en la estrella hídrica de San Lorenzo, a una altura aproximada de 2.400 msnm y desemboca en el Mar Caribe a la altura de la hacienda Papare (CORPOMAG, 2015).. Al este limita con la cuenca hidrográfica del río Guachaca, al oeste con el Mar Caribe, al norte con la cuenca del río Gaira y al sur con la cuenca hidrográfica del río Córdoba (Figura 1). La cuenca cuenta con aproximadamente 10.784 hectáreas. La longitud del río Toribio es de 33,43 Km. Los principales afluentes del río Toribio son: quebrada Viernes Santo, quebrada La Tagua, quebrada Malabrigo, quebrada Santa Bárbara, quebrada El Líbano, quebrada Marinca, quebrada El Guayabo, entre otras (CORPOMAG, 2015).

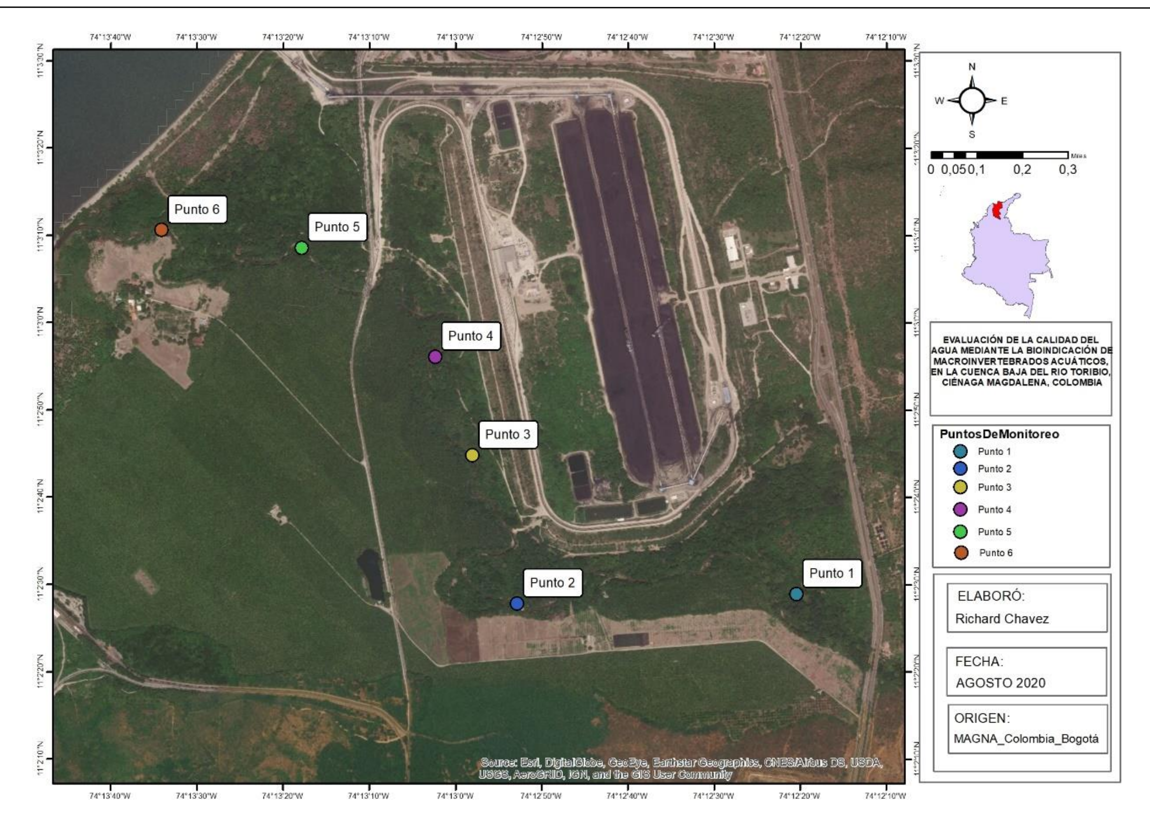


Figura 1. Localización de los puntos de monitoreo..

El tramo del río escogido para realizar el estudio se encuentra en la vereda Cordobita perteneciente al municipio de Ciénaga. Para este estudio se seleccionó un tramo del rio Toribio comprendido entre las coordenadas 11° 2'28.98"N 74°12'20.44"W y 11° 3'10.63"N 74°13'34.10"W, donde se tomaron seis puntos de muestreo, en una zona influenciada por actividades antrópicas (ganadería, agricultura, industria portuaria.).

Colecta de macroinvertebrados acuáticos

El muestreo de macroinvertebrados acuáticos se realizó con una Red Surber de 0,09 m^2 de área colocada en contra corriente (Merritt *et al.,* 2008). Para ello se removió el sustrato y se colecto la muestra en cada punto de muestreo, siguiendo lo propuesto por Carrera y Fierro (2001). Los organismos obtenidos, se almacenaron en frascos plásticos previamente rotulados y fueron fijados con alcohol al 70%. Adicionalmente a las muestras se les agregó un pequeño volumen del colorante rosa de bengala con el fin de colorear los organismos y lograr una mejor visualización. Una vez en el laboratorio las muestras fueron colocadas en bandejas plásticas para su limpieza. Posteriormente con la ayuda de un estereoscopio se separaron los organismos para su identificación taxonómica y conteo de individuos La identificación taxonómica se llevó hasta orden y familia con ayuda de guías y claves taxonómicas de macroinvertebrados: como las de Domínguez y Fernández (2009), Oscoz *et al*., (2011), Prat *et al*. (2009) y Roldan-Pérez (2012); una vez registrados el número de individuos por familia se calcularon los índices BMWP y EPT.

Análisis de la información

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) es un método que solo requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos cualitativos como los puntajes que van desde 1 a 10 (

Tabla 1;

Tabla 2), esto de acuerdo con la tolerancia que representa los diferentes grupos frente a la contaminación orgánica (Roldan, 2003) (

Tabla 2).

En cuanto al índice EPT, este tiene en consideración la abundancia de los tres órdenes de insectos: Ephemeroptera (mayor tolerancia a la contaminación), Thrichoptera (tolerancia media) y Plecoptera (no tolera la contaminación y solo existe en aguas limpias) (Tabla 3).

Tabla 1. Puntaje de las diferentes familias de macroinvertebrados para el cálculo del índice BMWP. Fuente: Roldan (2003)

FAMILIAS	PUNTAJE
Anamalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Ghomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymessiidae, Odontoceridae, Oliigoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydroboscidae, Leptophlebiidae, Phylopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simulidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, PLanariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Notoceridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphonidae, Cyclobdellidae, Hydrophylidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae.	1

Tabla 2. Valores de referencia del índice BMWP. Fuente: Roldan (2003)

CLASE	CALIDAD	VALOR DEL BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>150	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	Azul
		101-120		

II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Tabla 3. Valores de referencia para calidad del agua según el índice EPT. Fuente: Carrera y Fierro, (2001)

CLASE	Índice EPT (%)	Calidad de agua
I	75-100	Muy Buena
II	50-75	Buena
III	25-50	Regular
IV	0-24	Mala

Adicionalmente, en cada punto de monitoreo se registraron las variables fisicoquímicas *in situ* como pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad. Así mismo, se realizó la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (prueba de Levene); debido a que los datos no cumplieron con los supuestos, así mismo se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas en la estructura entre las épocas de estudio; también se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para observar el comportamiento de las variables fisicoquímicas, para realizar dicho análisis se utilizó el software PAST_4.

Resultados y discusión

Calidad de agua

Los valores registrados de los parámetros fisicoquímicos son similares entre cada punto de muestreo y para cada época. La temperatura del sistema no presento mayores fluctuaciones (entre 32-34 °C para la época seca y 25-28° C para la época de lluvia) (Tabla 4); estos valores registrados es característico de los ambientes tropicales los cuales no sufren alta variación como si pasa en las zonas templadas producto de los cambios estacionales (Rivera *et al*., 2008). La temperatura es uno de los parámetros que más influye en la riqueza y composición de macroinvertebrados acuáticos, debido a que puede ser afectada por factores naturales como la radicación solar y las precipitaciones.

El pH para el agua natural se encuentra por lo general entre 6.5 y 8.5, sin embargo, cuando se presentan valores extremadamente altos o bajos, como, por ejemplo, mayor que 9. o menor que 4.5, se puede presentar un estrés para los organismos allí presentes o incluso la muerte (Crites y Tchobanoglous, 2000). En esta investigación el pH fluctúo entre 7.7-8,2 para la época seca y de 7.6 a 7.9 para la época lluvua; estos rangos son característicos de ecosistemas oligotróficos con valores muy cercanos a la neutralidad en cada punto de monitoreo y además son óptimos para la biota acuática y no son limitantes para vida (Roldan *et al*., 2001; Arango *et al*., 2008).

En cuanto al oxígeno disuelto, se tiene que esta variable tiene una alta dependencia con las horas de sol (Rubio *et al*, 2014), debido a que la actividad fotosintética de ciertas plantas acuáticas provoca un aumento de este durante el día. Algunos investigadores han reportado que el oxígeno disminuye a una profundidad mayor a 10 metros y al igual que se ve afectado por las condiciones ambientales en donde a menor temperatura ambiente le corresponde una menor concentración de oxígeno disuelto (Beltrán-Álvarez *et al*.

2012). Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los encontrados por Rubio et al, (2012) quienes reportaron una concentración promedio de 7.07 mg/L de oxígeno disuelto, mientras que para este estudio la concentración promedio fue de 7.59 mg/L, lo que significa que el tramo monitoreado del rio Toribio en sus diferentes puntos de muestreo con estos valores de oxígeno, es capaz de sostener a los organismos vivos que allí habitan, de acuerdo con lo indicado por Sperling (2001). Varios autores destacan que parámetros fisicoquímicos como el pH, la temperatura, conductividad y oxígeno disuelto, son factores fundamentales en la distribución de los macroinvertebrados acuáticos, dado que existen muchos organismos sensibles (Yépez *et a*l., 2017).

Tabla 4. Variables fisicoquímicas por época en cada estación de monitoreo.

Variables		pH (unidades de pH)	Temperatura (°C)	Oxigeno Disuelo (mg/L)	Conductividad (µs/cm)
Punto 1	Seca-P1	7,79	32,1	7,68	141,5
	Lluvia-P1	7,85	27,2	7,37	129,4
Punto 2	Seca-P2	8,13	32,8	8,22	139,5
	Lluvia-P2	7,81	26,5	7,78	121,6
Punto 3	Seca-P3	7,77	32,9	7,29	140,9
	Lluvia-P3	7,64	26,6	7,84	135,7
Punto 4	Seca-P4	7,87	32,5	6,73	148,4
	Lluvia-P4	7,75	26,1	7,95	121,8
Punto 5	Seca-P5	8,00	33,1	6,86	144,7
	Lluvia-P5	7,62	25,3	7,99	130,2
Punto 6	Seca6	8,04	32,7	8,08	155,8
	Lluvia-P6	7,78	26,3	7,24	151,7

La Figura 2 presenta un análisis de componentes principales (ACP) que relaciona el comportamiento de las variables fisicoquímicas de los seis puntos de muestreo, este análisis explico el 99,8% de la variación en los dos primeros ejes siendo el eje 1 el de mayor varianza con el 94,9%. Todos los puntos de muestreo para la época estuvieron explicados de manera positiva en el componente 1, mientras que los puntos de la época de lluvia (Punto 1, 2, 3, 4 y 5) estuvieron una asociación negativa con el componente 1, a excepción del punto 6; de la misma forma todas las variables fisicoquímicas tuvieron asociación positiva con el componente 1. La mayoría de los vectores de las variables fisicoquímicas se observan en el origen indicando que el comportamiento de los mismos fue bastante similar entre los puntos de monitoreo lo que no permite la segregación de éstos hacia sectores en particular. Así mismo se observa una separación entre los puntos monitoreados para cada época de estudio, por lo que se asume que existe una variación de los valores entre los seis puntos estudiados.

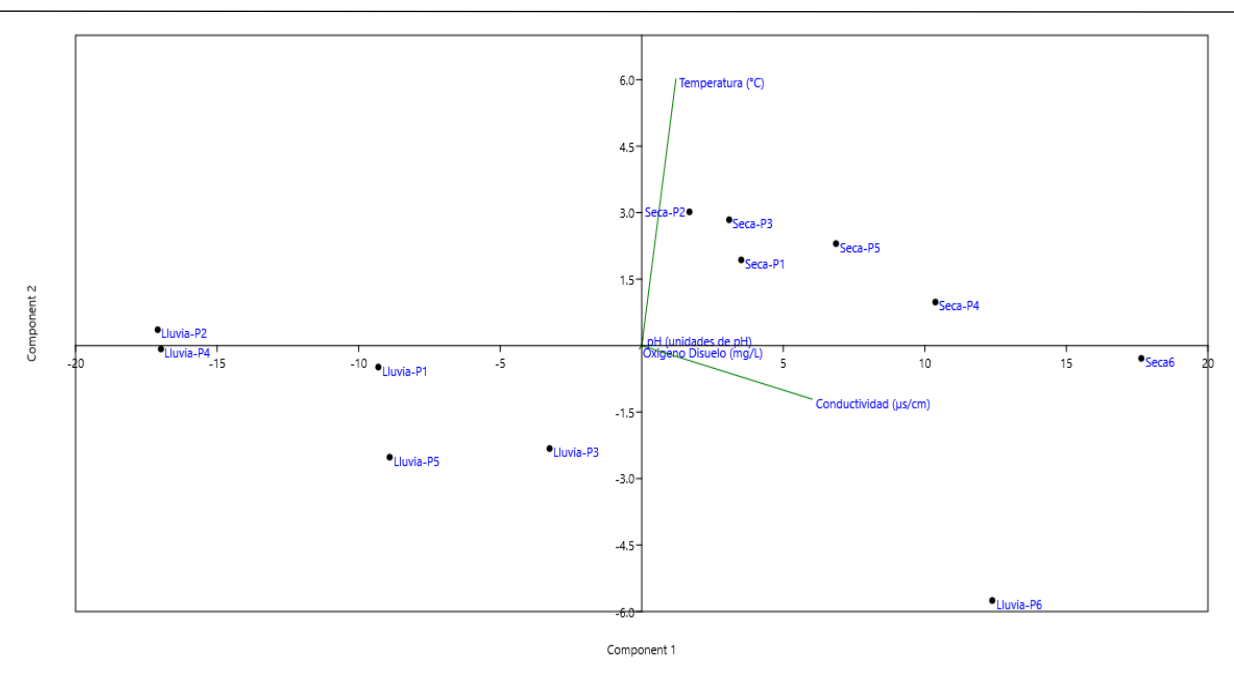


Figura 2. Análisis de componentes principales entre las variables fisicoquímicas y los puntos de monitoreo en dos épocas de estudio.

Según los resultados de los índices BMWP y EPT la calidad del agua en el tramos monitoreado del rio Toribio varía entre puntos y época de muestreo, estableciendo que la condición general de este tramo es "critica a dudosa"; esta última condición se observó en el punto 6, para ambas épocas(Tabla 5; Tabla 6). Esto posiblemente pueda deberse a que el sustrato en este punto es arenoso y la vegetación ribereña está compuesta por manglar. Así mismo aguas arriba se observan actividades humanas tales como agricultura, ganadería, turística entre otras, lo cual ocasiona una alteración del ecosistema. Varios autores, indican en sus estudios la importancia que tiene la vegetación ribereña, debido a que sirve como área amortiguación, tras los impactos que se generen en la calidad del agua producto de las actividades humanas (Meza *et al*., 2012). Además, esta vegetación, juegan un papel esencial al retardar y reducir la escorrentía superficial, dado que estas consumen el exceso de nutrientes que se encuentran atrapados en el sedimento, así como otros contaminantes que se generen en el suelo, y así ayudar con la protección del ecosistema acuático (Blinn & Kilgore, 2001).

Tabla 5. Clasificación de la calidad de agua basada en el índice Biótico de Familias (IBF) de cada uno de los puntos de muestreo y en cada época de estudio del rio Toribio.

Puntos de muestreo	Época	Puntaje	Calidad	Puntaje promedio	Calidad
Punto1	Seca	33	Dudosa	52,0	Dudosa
	Lluvia	71	Aceptable		
Punto2	Seca	38	Dudosa	55,5	Dudosa
	Lluvia	73	Aceptable		
Punto3	Seca	55	Dudosa	35,5	Critica
	Lluvia	16	Critica		
Punto4	Seca	55	Dudosa	49,5	Dudosa
	Lluvia	44	Dudosa		

Punto5	Seca	58	Dudosa	58,5	Dudosa
	Lluvia	59	Dudosa		
Punto6	Seca	14	Critica	21,0	Critica
	Lluvia	28	Critica		

Tabla 6. Clasificación de la calidad de agua basada en el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) de cada uno de los puntos de muestreo y en cada época de estudio del rio Toribio

Punto de Muestreo	Época	EPT (%)	Clase	Calidad del Agua
Punto1	Seca	59	II	Buena
	Lluvia	61	II	Buena
Punto2	Seca	40	III	Regular
	Lluvia	35	III	Regular
Punto3	Seca	83	I	Muy Buena
	Lluvia	30	III	Regular
Punto4	Seca	91	I	Muy Buena
	Lluvia	40	III	Regular
Punto5	Seca	38	III	Regular
	lluvia	38	III	Regular
Punto6	Seca	0	IV	Mala
	Lluvia	0	IV	Mala

Estructura y composición de macroinvertebrados acuáticos

Se colectaron un total de 1126 individuos; 642 (57%) en periodo seco y 484 (43%) en periodo de lluvia; se observaron un total de 36 morfo-familias (24 en época seca y 26 en época de lluvia), vinculadas a 3 phylum, 4 clases y 10 órdenes (). La clase insecta fue la de mayor abundancia 32 morfos (88.9%); el orden odonata fue el de mayor representatividad con 7 morfos: las especies pertenecientes a este orden se caracterizan por vivir en ambientes acuáticos de baja corriente y poco profundos, así mismo se encuentran en aguas limpias o que presenten una leve eutrofización (Huaman, 2019). Este orden estuvo presente en ambas épocas, debido a que es un grupo muy diverso, con abundantes métodos de alimentación y se pueden adaptar a los diferentes factores ambientales y de estrés (Merrit *et al.*, 2008).

Otro de los órdenes con gran representatividad durante el estudio (6 familias) fue Ephemenoptera. Este orden es considerado como uno de los más sensibles a la degradación del ecosistema dulceacuícola, al igual que los órdenes Plecoptera y Trichoptera. Dentro de este grupo se observó la familia Baetidae quien fue la más abundante dentro del estudio con 467 individuos; esta es una de las familias que presentan una gran tolerancia en condiciones ambientales adversar, debido a que presenta alta tolerancia al cambio de temperatura y hasta cierto punto a la contaminación orgánica (Flowers y De la Rosa, 2010). También se encontraron especies de las familias Tricorythidae y Leptohyphidae, la cuales presentan baja tolerancia a los contaminantes. Según Roldán (2003) etas especies habitan ecosistemas con buena oxigenación, con sustratos pedregosos y arenosos, lo cual es característico de los puntos de muestreo donde se observaron estas familias.

En el tramo estudiado del rio Toribio se observó la presencia de organismo del orden Trichoptera, encontrándose ejemplares de Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Polycentropodidae. Hydroptilidae es considerado un grupo de trichoptera enanos, debido a su tamaño (general entre 1 a 4 mm), siendo especialmente pequeños en sus primeros estadios larvales. La presencia de larvas de algunas familias de Trichoptera señalan, que el ecosistema acuático está poco contaminada, pero las condiciones de aguas corrientes y frías son los ambientes que presentan mayor diversidad de especies lo que les otorga un gran potencial como bioindicadores (Fernández, 2010). Los trichoptera son un orden de insectos holometábolos que en sus estados juveniles (huevo, larva y pupa) habitan en arroyos, ríos, lagunas y lagos. Sus larvas presentan glándulas productoras de seda para fabricar tejidos, sea para construir cápsulas, añadiéndole materiales reforzantes como granos de arena, arenisca o trocitos vegetales, o excepcionalmente usando la tela como filtro para interceptar detritus alimenticio en la corriente (Fernández, 2010).

La riqueza y abundancia de macroinvertebrados en las dos épocas (seco y lluvia) no presento diferencia significativa, lo cual fue corroborado con la prueba de Kruskal-Wallis que indicó que no hay diferencias significativas entre la estructura y composición de macroinvertebrados en los periodos de estudio ($p = 0.5493$). Así mismo se realizó la prueba entre los puntos de cada época y esta se encontró que para la época seca existe diferencias significativas entre los puntos de muestreo ($p = 0,036$), mientras que para la época de lluvia no existe diferencia significativa ($p = 0.059$).

Este comportamiento puede deberse, al hecho que en la región tropical las estaciones climáticas no están muy marcadas. Sin embargo, el mayor número de individuos se registró en la época seca (642 individuos), dicho comportamiento en la estructura se asemeja a lo observado por Giacometti & Bersosa (2006), en donde el número de individuos fue relativamente más alto que en la época de lluvia; estos resultados pueden diferir con los encontrados en rio Toribio, debido a la ausencia de réplicas que permitan realizar una comparación entre periodos climáticos.

La comunidad de macroinvertebrados se muestra como una herramienta muy importante para la estimación de la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos, porque presenta diversas respuestas frente a la variedad de alteraciones ambientales, también presentan una alta diversidad taxonómica, lo cual los presenta como los más aptos para realizar una evaluación ambiental (Figueroa *et al.*, 2003).

Este estudio muestra la necesidad de realizarse nuevas investigaciones para esta zona, lo que permitirá tener una perspectiva general del estado ecológico del ecosistema del rio Toribio. Por tanto, la implementación de estos índices biológicos se convierte en una herramienta, que permitirá evaluar si las medidas que se tomen para mejorar o mantener la calidad actual del rio Toribio, tendrán efectos positivos para la conservación de la riqueza natural de este ecosistema.

Tabla 7. Clasificación taxonómica y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos registrados en el río Toribio en cada época de estudio

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfo	Punto1		Punto2		Punto3		Punto4		Punto5		Punto6	
					Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia
Annellida	Clitellata	Tubificida	Tubificidae	Morfo 1	0	1	0	2	0	0	0	2	1	2	0	0
Arthropoda	Insecta	**Coleoptera**	Elmidae	Morfo 2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Ptilodactylidae	Morfo 3	0	1	0	0	0	0	5	1	1	0	0	0
			Psephenidae	Morfo 4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		Diptera	Chironomidae	Morfo 5	3	23	9	4	4	3	20	2	4	1	0	0
				Morfo 6	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0
				Morfo 7	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
			Culicidae	Morfo 8	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Empididae	Morfo 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
			Tipulidae	Morfo 10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		Ephemeroptera	Baetidae	Morfo 11	2	6	7	4	15	0	421	2	8	2	0	0
			Caenidae	Morfo 12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			Leptophlebiida	Morfo	5	21	0	4	30	0	2	2	1	3	0	0
			Tricorithydae	Morfo 15	5	9	8	2	2	3	14	1	2	3	0	0
				Morfo 16	1	6	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0
		Hemiptera	Mesoveliidae	Morfo 17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
			Naucoridae	Morfo 18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
			Saldidae	Morfo 19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
			Veliidae	Morfo 20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		Odonata	Coenagrionidae	Morfo 21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
				Morfo 22	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
				Morfo 23	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2
				Morfo 24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
				Morfo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfo	Punto1		Punto2		Punto3		Punto4		Punto5		Punto6	
					Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia
				Morfo 22	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
				Morfo 23	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2
				Morfo 24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
				Morfo 25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
			Gomphidae	Morfo 26	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
			Libellulidae	Morfo 27	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
		Plecoptera	Perlidae	Morfo 28	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Trichoptera	Hydropsychidae	Morfo 29	0	0	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0
			Hydroptilidae	Morfo 30	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	0	0
			Leptoceridae	Morfo 31	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
			Polycentropodid	Morf	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfo	Punto1		Punto2		Punto3		Punto4		Punto5		Punto6	
					Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia
	Malacostraca	Decapoda	Trichodactylidae	Morfo 33	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1
			Palaemonidae	Morfo 34	5	1	0	11	3	0	9	7	10	12	5	294
Mollusca	Gastropoda	Neotaenioglossa	Hydrobiidae	Morfo 35	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
			Thiaridae	Morfo 36	0	0	7	1	0	0	3	0	2	2	0	0
Total (Individuos)					**22**	**74**	**42**	**37**	**58**	**20**	**482**	**20**	**32**	**34**	**6**	**299**

Literatura citada

Alonso, A. y Camargo, J. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas 14* (3), 87-99.

Arango, M., Álvarez, L., Arango, G., Torres, O. y Monsalve, A. (2008). Calidad del agua de las quebradas la cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA (9),* 121-141.

Beltrán, R., Ramírez, J. y Sánchez, J. (2012) Comportamiento de la temperatura y el oxígeno disuelto en la presa Picachos, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Hidrobiologia*, 22, 94-98.

Blinn, R. & A. Kilgore. 2001. Riparian Management Practices. *Journal of Forestry, 8*: 11-17.

Briseño, G. (2015). Evolución de la integridad estructural de ecosistemas lóticos del piedemonte llanero frente a la intervención antrópica. *Acta biol. Colomb., 20*(2):133-144.

Carrera, C. y Fierro, C. (2001). *Manual de Monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Ecociencia.

Corporación Autónoma Regional Del Magdalena "CORPOMAG". (2015). *Estudio base para la reglamentación de corrientes de los ríos buritaca, gaira, toribio, córdoba, orihueca y sevilla, a partir de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico*.

Crites, R. y Tchobanoglous, G. (2000) *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentrablizados*. McGraw-Hill Interamericana.

Domínguez, E. y Fernández, H. (2009) *Macroinvertebrados bentónicos de suramericanos. Sistemática y biología.* Fundación Miguel Lillo.

Fernández, O. (2010). *Uso de macroinvertebrados bentónicos para la caracterización ambiental de la quebrada de la plata, región metropolitana*. Tesis de pregrado sin publicar Universidad de Chile.

Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., y Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentonicos como indicadores de calidad de agua de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76, 275-285.

Flowers, R., y De La Rosa, C. (2010). Ephemeroptera. *Revista de Biologia Tropical, 58*(4): 63-93.

Gamboa, M., Reyes, R. y Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental Vol. 48,* (2), 109-120.

Giacometti, J. y Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico, Serie Zoológica 2,* 17-32.

Gualdoni, C y Oberto, A. (2012). Estructura de la comunidad de macroinvertebrados del arroyo Achiras (Córdoba, Argentina): análisis previo a la construcción de una presa. *Iheringia. Série Zoologia, 102*(2), 177-186.

Huaman, L. (2019). Diversidad de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua en las lagunas de Pucush Uclo y Ñahuimpuquio – provincia de Chupaca.

Ladrera, R., Rieradevall, M. y Prat, N. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. *Revista didáctica 11*, 1-18.

Lozano, L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. Umbral *Científico (7)*, 5-11.

Merritt, R.W., Cummins, K.W. y Berg, M.B. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Hunt Publishing Company.

Meza, A. Dias. L. y Walteros, J. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia, 34*(2), 443-456.

Oscoz, J., Galicia, D., y Miranda, R. (2011). *Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro*. Zaragoza, España. Confederación Hidrográfica del Ebro.

Pastran, M. (2017). *Evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macro invertebrados bentónicos, como bioindicadores: estudio de caso en el río Suárez (chiquinquirá – Boyacá*. Tesis pregrado sin publicar. Universidad Libre.

Prat, N., Ríos, B., Acosta, R. y Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En Domínguez, E. y Fernández, H. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. San Miguel de Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo.

Rivera, J., Camacho, D. y Botero, A. (2008). Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas del departamento del Quindío-Colombia. *Acta biológica Colombiana*, *(13)*2, 133 – 146.

Roldán G, Posada J., y Gutiérrez, J. (2001) *Estudio limnológico de los recursos hídricos del parque de Piedras Blancas*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Colección Jorge Álvarez Lleras.

Roldan, G. (2003). *Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Universidad de Antioquia.

Roldan, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 40*(155): 254-274.

Roldan, G. 2012. *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR

Rubio, H., Ortiz, R., Quintana, R., Saucedo, R., Ochoa, J. y Rey, N. (2014). Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México. *Ecosistemas y recurso agropecuarios. 1*(2):139-150.

Sperling, M. (2001). *Principios Básicos do Tratamiento de Esgotos*. Universidad Federal de Minas Gerais. Brasil.

Yépez, A., Yépez, A., Urdánigo, J., Morales, D., Guerrero, N., y TayHing, C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología 10*(1):27-34